

第4講座

金箔製造用和紙の原料採取装置の開発

石川県立大学 生産科学科 大角 雅晴

1. はじめに

金沢市の金箔製造は前田利家の時代には製造されていたことが明らかになっている伝統工芸産業である。その生産量は国内生産量の99%を占めているとされる。金箔の製造工程は金合わせ、延金、澄打ち、箔打ちに大別される。このうち澄打ちで用いられている澄打紙の主原料は稲ワラの一部分で「ニゴ」と呼ばれている。これは図1に示すように第1節間の部分から穂首節と止葉節の硬い部分を取り除いて採取される。

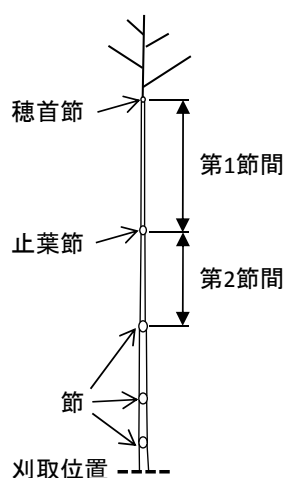


図1 水稻茎の模式図

現状ではニゴの採取はすべて手作業でハサミを使用して行われており作業能率が悪い。そのため製箔業界からは、取り扱いとメンテナンスが容易で、しかも安価なニゴ採取機械の開発が強く望まれている。

本研究ではニゴの採取に必要とされる労力や時間を削減するため、ニゴの切出し・引抜き作業を行うニゴ採取機の開発を目的としている。

2. 手作業によるニゴ採取

ニゴ採取機の機械設計に必要とされる基本的な知見を得るために、従来行われている手作業によるニゴ採取作業を実施した。採取作業の様子をビデオ撮影し採取能率を測定した。さらに、ビデオ映像を分析し、採取作業能率を向上する方法について検討した。

本学の学生男女8名の採取結果を図2に示す。繰り返し数は5回である。エラーバーは標準偏差を示す。1時間当たり採取できるニゴ数は個人差があるが、平均値は190～340本程度であっ

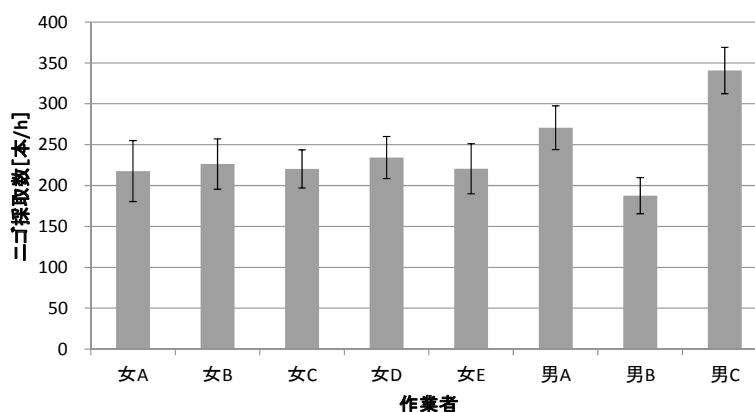


図2 ニゴ採取能率

た。全体のニゴ採取能率の平均値は 231.6 本/h (15.5 s/本)、ニゴの平均長さは 334.2mm、ニゴ長が 300mm 以上の割合は 84.1% であった。

手作業によるニゴ採取作業は、①止葉節の切除、②葉鞘からの引き抜き、③穂首節の切除の手順で行われる。各工程に要する時間の割合を測定した結果を図 3 に示す。穂首節と止葉節を切り取るために 81% の作業時間を要していた。したがってニゴ採取作業能率を向上させるためには、第一に穂首節と止葉節の切断能率を向上させる必要がある。

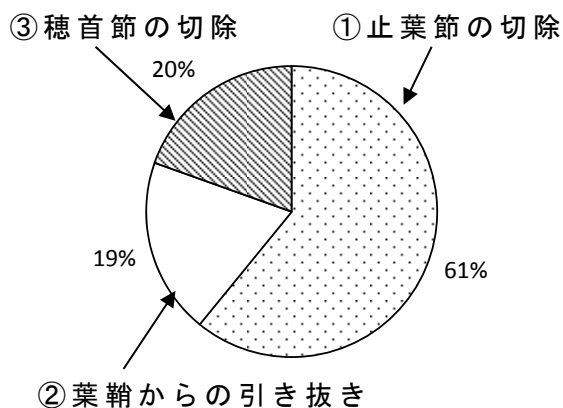


図 3 ニゴ採取作業の工程割合

3. ニゴ切出し機

ニゴを採取するために使用する稲ワラは地表面に近い位置で刈り取られ、数株が結束された状態で供給される。1 束中には草丈が異なる茎が混在しており、穂首節と止葉節の位置が一定ではなくばらつきが大きい。このため供給される稲束をまとめて処理することは困難と考えられた。そこで稲ワラを 1 本単位で処理し、穂首節と止葉節の切断を同時に行うニゴ切出し機を試作した。試作機を図 4 に示す。

モータ駆動される搬送ベルトに稲ワラ 1 本を置き、搬送して左右 2 箇所の円形刃を使用して穂首節側と止葉節側を同時に切除する仕組みである。切出す長さは約 300mm である。切出した後、手作業でニゴだけを葉鞘から抜き取る必

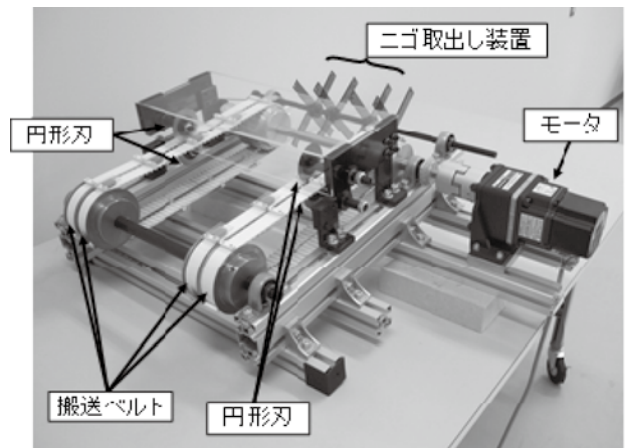


図 4 ニゴ切出し機試作機

要がある。また、稲ワラは作業者が稲束から 1 本ずつ取り出し、位置合わせをして搬送ベルトに置く必要があるため、この速度が採取能率に大きく影響する。

ニゴ採取作業未経験の男女 2 名ずつの学生、計 4 名に採取作業をしてもらい採取能率を測定した。ニゴ切出し機を使用した場合と従来のハサミを使用した手作業の場合のニゴ採取能率を比較した。ニゴ切出し機に稲ワラを設置する方法は止葉節基準と穂首節基準の 2 通りとした。各採取作業の繰り返し数は 5 回である。測定結果を図 5 に示す。

個人差はあるが、ニゴ切出し機に穂首節を基準にして稲ワラを設置した場合はハサミを使用した手作業より 20.9% ~ 82.5%、平均 49.8% 採取能率が向上した。また採取作業の様子を撮影したビデオ映像を分析した結果、切出すだけであれば 500 ~ 600 本/h 程度の作業能率が実現可能であった。したがって、ニゴを葉鞘から抜き取る作業を機械化することによりさらに作業能率を向上できると考えられた。

4. ニゴ抜き作業の機械化検討

ニゴ切出し機のニゴ採取能率を向上させるために、手作業で行っていた葉鞘からニゴを引き抜く作業の機械化について検討した。この作

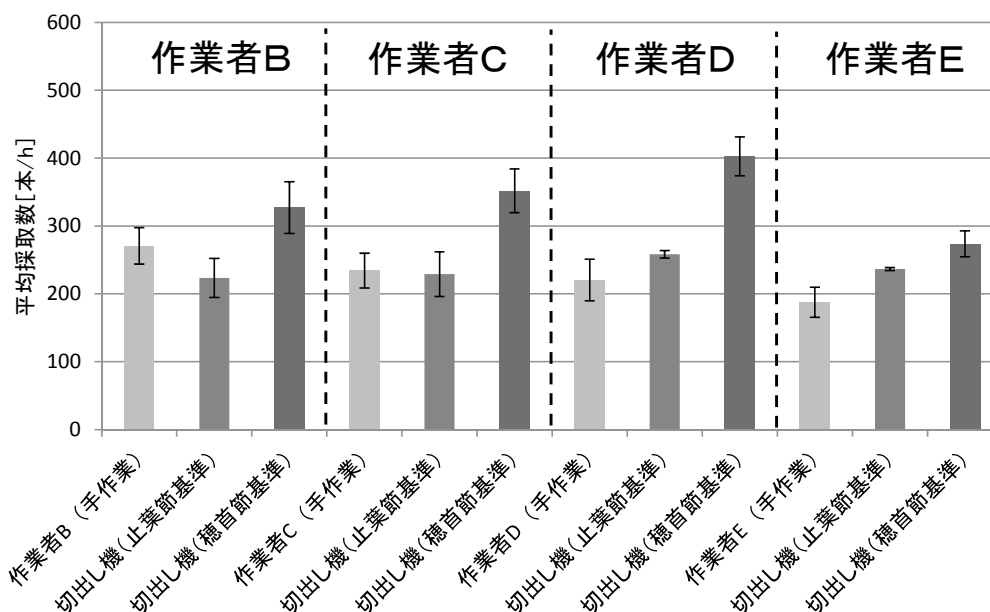


図5 ニゴ切出し機を使用した場合の採取能率

業を観察すると、作業者は葉鞘を指で挟む把持力とニゴを引抜く力を微調整しながら指と葉鞘に滑りが発生しないようにしていると考えられた。同様のことを機械で実現するためには各種のセンサーとモータ制御が必要になり、機械の製造コストを上昇させる要因となる。そこで機械を簡素化するため、引抜き力と把持力の関係を調べ、ニゴを引抜くことができる荷重条件を発見することを試みた。

稲ワラの葉鞘部分を把持し、ニゴを葉鞘から引き抜く場合に必要な引抜き力と把持力の関係を調査した。稲ワラの含水率の影響を調べるため、収穫直後、収穫2日後、収穫4日後、収穫7日後、収穫14日後、収穫21日後、収穫28日後、収穫2年後の稲ワラから試料を切り出して使用した。把持力を5N、10N、20N、30N、40Nに設定し、各20本ずつ計100本の引抜き力を測定した。引抜き速度は5mm/sとした。測定後、試料全体の重量を測定し、後日乾燥機で105℃、5時間乾燥後、再度重量を測定して湿量基準含水率[% w.b.] (以下、水分と呼ぶ) を求めた。

(1) ニゴ引抜き成功率

滑ったり破断したりすることなく、葉鞘か

らニゴを引抜くことができた割合は収穫後日数の経過により変化がみられた。収穫直後の試料では、今回の荷重条件においてはニゴを葉鞘から引き抜くことはできなかった。収穫2日後になるとニゴ抜き取り成功率は85%以上となり、収穫4日後以降は100%ニゴを葉鞘から引き抜くことが可能であった。

(2) 稲ワラの水分変化

稲ワラの水分を測定した結果、収穫後から収穫2日後にかけて稲ワラの水分は急激に低下し、収穫4日後以降はほぼ10% w.b. 程度で一定になっていた。また収穫後約2年が経過した稲ワラも水分はほぼ10% w.b. 程度であった。したがって、葉鞘からニゴを引き抜くためには稲ワラの水分を10% w.b. 程度まで乾燥させる必要があることがわかった。

(3) 葉鞘の把持力とニゴ引抜き力の関係

本研究では、ニゴ引抜き機を設計するために引抜き力の最大値 (以下、引抜き力と略す) に注目した。収穫後4日の試料について葉鞘の把持力とニゴ引抜き力との関係を図6に示す。グラフより引抜き力と把持力は比例関係があり、決定係数も高い値を示した。収穫後7日以降の試料につ

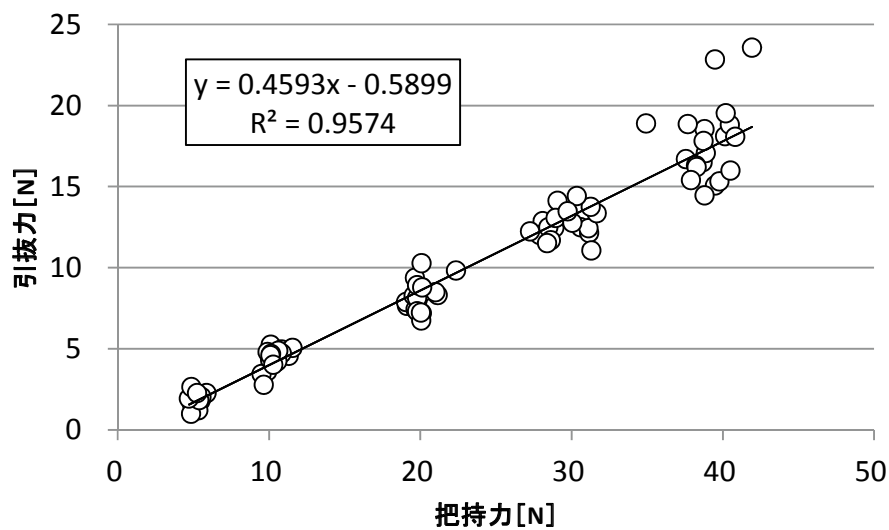


図6 把持力と引抜き力の関係（収穫4日後）

いても同様であった。把持力は5N程度あればニゴを引き抜くことができることがわかった。

5. まとめ

金箔製造に使用される澄打紙の主原料である稲ワラの「ニゴ」を採取する機械の開発を試みた。穂首節と止葉節の切断を同時に行うニゴ切出し機を試作し、従来の手作業と比較したところ、ニゴ採取能率は平均49.8%向上するにとどまった。さらにニゴ採取能率を向上させるため葉鞘からニゴを引き抜く作業の機械化について検討し、葉鞘の把持力が5Nであればニゴを引き抜くことができることがわかった。現在、ニゴの切出しと引抜きを連続して行う試作機を製造中である。

本研究は金沢箔技術振興研究所からの受託研究として行った。また、石川県箔商工業協同組合からは試料として稲ワラを提供していただいた。記して謝意を表する。